



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenl ungungsschrift**  
⑩ **DE 101 07 019 A 1**

⑤⑦ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 01 M 8/04**

⑳ Aktenzeichen: 101 07 019.5  
㉒ Anmeldetag: 15. 2. 2001  
㉔ Offenlegungstag: 5. 9. 2002

DE 101 07 019 A 1

⑦① Anmelder:  
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

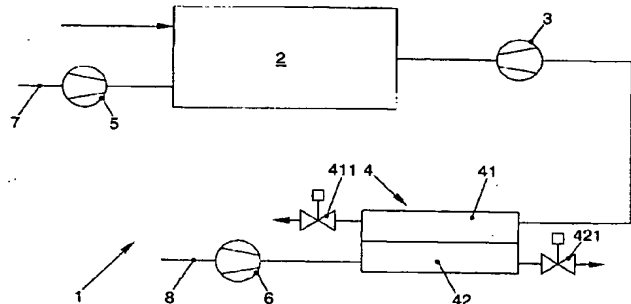
⑦② Erfinder:  
Schulenburg, Jens, 38448 Wolfsburg, DE; Maume,  
Christoph, 38106 Braunschweig, DE; Hinsenkamp,  
Gert, Dr., 38533 Vordorf, DE; Mayer, Jörg,  
Dr.rer.nat., 38440 Wolfsburg, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Rechercheantrag gem. Paragraph 43 Abs. 1 Satz PatG ist gestellt

⑤④ Brennstoffzellensystem mit Druckanpassung und Steuerungsverfahren

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem (1), das mindestens eine Reformereinheit (2), zur Erzeugung von wasserstoffhaltigen Reformatgas, und mindestens eine Brennstoffzelle (4), sowie mindestens eine Vorrichtung (5) zum Einstellen des Betriebsdrucks der Reformereinheit und mindestens eine Vorrichtung (3, 6) zum Einstellen des Betriebsdrucks der Brennstoffzelle aufweist, wobei mindestens eine der Vorrichtungen (3) zum Einstellen des Betriebsdrucks der Brennstoffzelle (4) zwischen der Reformereinheit (2) und der Brennstoffzelle (4) zwischengeschaltet ist. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Steuerung eines Brennstoffzellensystems, bei dem Wasser, Kraftstoff und Luft als Reaktionspartner in eine Reformereinheit (2) geleitet werden, wobei der Druck der zugeführten Luft vor dem Einbringen in die Reformereinheit auf ein bestimmtes Druckniveau gebracht wird, und das die Reformereinheit (2) verlassende wasserstoffhaltige Reformatgas auf ein gewünschtes Druckniveau gebracht wird, bevor es in die Brennstoffzelle (4) eingeführt wird.



DE 101 07 019 A 1

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem mit Druckanpassung, sowie ein Steuerungsverfahren für ein solches Brennstoffzellensystem.

[0002] Insbesondere in der Automobilindustrie ist die Verwendung von Wasserstoff zur Erzeugung elektrischer Energie mittels Brennstoffzellen bekannt. Der Wasserstoff, der für diese Verwendung benötigt wird kann aus einem flüssigen Kraftstoff gewonnen werden. Insbesondere finden Kohlenwasserstoffe, wie beispielsweise Benzin oder Methanol, Anwendung. Der Wasserstoff wird aus diesen Kraftstoffen in sogenannten Reformern erhalten. In diesem Reformer wird der Kraftstoff in Kohlendioxid bzw. Kohlenmonoxid und Wasserstoff umgewandelt. Das Produkt des Reformers ist somit ein wasserstoffreiches Gas, welches einer Brennstoffzelle zugeführt werden kann und dort in Strom umgesetzt wird.

[0003] In der Regel wird eine Reformereinheit verwendet, die aus einem Reformer, Shift-Stufen und einer CO-Reinigung besteht. Üblicherweise werden die Reformereinheit und die Brennstoffzelle auf etwa dem gleichen Druckniveau betrieben. Der Betriebsdruck der Reformereinheit liegt dabei meist ein wenig über dem der Brennstoffzelle, um den Druckverlust, der in der Reformereinheit auftreten kann, zu berücksichtigen.

[0004] In WO 99/60646 ist ein Brennstoffzellensystem beschrieben, bei dem der Kathoden- und der Anodenseite einer Brennstoffzelle ein gleicher Druck angeboten werden kann, indem für die Verdichtung der der Reformereinheit und der Kathodenseite der Brennstoffzelle zugeführten Luft ein zweistufiger Verdichter zugeordnet ist. Hierdurch werden der Druck in der Reformereinheit und in der Brennstoffzelle in ein festes Verhältnis gesetzt, das sich durch den in der Reformereinheit zu erwartenden Druckverlust bestimmt.

[0005] Wird eine Reformereinheit bei geringen Betriebsdrücken gefahren, ist allerdings das Volumen und das Gewicht der Reformereinheit extrem hoch. Die Erhöhung des Betriebsdruckes der Reformereinheit würde zwar zu einer Verringerung des Gewichts und des Volumens der Reformereinheit führen. Andererseits ist zu beachten, dass die Reformereinheit und die Brennstoffzelle durch die Zuführung des Reformatgases an die Brennstoffzelle miteinander verbunden sind und so in etwa der Druck, des aus der Reformereinheit austretenden Gases, an der Anodenseite der Brennstoffzelle anliegt. Wird daher der Druck in der Reformereinheit erhöht, so muss der Betriebsdruck in der Brennstoffzelle diesem erhöhten Druckniveau angepasst werden. Dies wird erreicht, indem der Brennstoffzelle an der Kathodenseite Luft zugeführt wird, die auf das gewünschte Druckniveau verdichtet wurde und über eine Druckhaltevorrichtung geregelt wird. Bei Erhöhung des Druckniveaus in der Reformereinheit wird daher ein hoher Energieaufwand für die Verdichtung der Luft notwendig. Der Durchsatz an Luft in der Brennstoffzelle ist relativ hoch und daher müssten große Mengen an Luft vor der Einführung in die Brennstoffzelle verdichtet werden. Auch wenn die von der Brennstoffzelle selbst erzeugte Leistung für die Verdichtung der Luft verwendet wird, bedeutet dies doch eine erhebliche Verringerung des Wirkungsgrades des Brennstoffzellensystems, da ein Großteil der von der Brennstoffzelle erzeugten Leistung von einem Kompressor zur Verdichtung der Luft aufgezehrt würde.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es daher ein Brennstoffzellensystem zu schaffen, bei dem das Volumen und das Gewicht des Systems, insbesondere der Reformereinheit soweit wie möglich reduziert werden kann und gleichzeitig ein hoher Wirkungsgrad des Brennstoffzellensystems erzielt

werden kann.

[0007] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass diese Aufgabe durch eine gezielte Entkopplung der Betriebsdrücke der Reformereinheit und der Brennstoffzelle gelöst werden kann.

[0008] Diese Aufgabe wird daher erfindungsgemäß durch ein Brennstoffzellensystem, wie in Anspruch 1 definiert gelöst. Demnach umfasst das Brennstoffzellensystem mindestens eine Reformereinheit, zur Erzeugung von wasserstoffhaltigem Reformatgas, und mindestens eine Brennstoffzelle, sowie mindestens eine Vorrichtung zum Einstellen des Betriebsdrucks der Reformereinheit und mindestens eine Vorrichtung zum Einstellen des Betriebsdrucks der Brennstoffzelle, wobei mindestens eine der Vorrichtungen zum Einstellen des Betriebsdrucks der Brennstoffzelle zwischen der Reformereinheit und der Brennstoffzelle zwischengeschaltet ist.

[0009] Unter Einstellen eines Betriebsdrucks ist im Sinne dieser Erfindung das Erhöhen oder Verringern eines bestehenden Druckes zu verstehen. Die Vorrichtungen zur Einstellung der Betriebsdrücke in den Einheiten des Brennstoffzellensystems sind daher nicht unbedingt solche Vorrichtungen, die ein Gas von Normaldruck auf ein anderes Druckniveau bringen.

[0010] Durch dieses Brennstoffzellensystem ist der Betriebsdruck der Reformereinheit von dem Betriebsdruck in der Brennstoffzelle entkoppelt. Die Drücke können unabhängig voneinander eingestellt werden und so die jeweils idealen Betriebsbedingungen in der Reformereinheit und der Brennstoffzelle realisiert werden, ohne dass dadurch negative Auswirkungen auf die jeweils andere Systemeinheit zu befürchten sind. Der Druck in der Reformereinheit kann so gewählt werden, dass insbesondere das Volumen und das Gewicht der Reformereinheit gering gehalten werden kann. Weiterhin kann der Druck in der Reformereinheit an den Durchsatz gekoppelt werden, wodurch eine Erhöhung der Lastpreizung erzielt wird und eine Optimierung der Kontaktzeit zwischen dem Gasgemisch aus den Reaktionspartnern und einem in dem Reformer vorgesehenen Katalysator erreicht werden kann.

[0011] Vorzugsweise stellt die Vorrichtung zum Einstellen des Betriebsdrucks in der Brennstoffzelle, die zwischen der Reformereinheit und der Brennstoffzelle geschaltet ist, eine Drosselvorrichtung dar. Hierdurch kann in der Reformereinheit ein hoher Betriebsdruck eingestellt werden, ohne dass auch die, der Reformereinheit nachgeschaltete, Brennstoffzelle bei hohen Drücken betrieben werden muss. Dies hat unter anderem den Vorteil, dass die der Brennstoffzelle zugeführte Luft nicht auf hohe Drücke verdichtet werden muss und so der Energiebedarf für die Verdichtung der Luft für die Brennstoffzelle gering gehalten werden kann. Weiterhin wird durch das Vorsehen einer Drosselvorrichtung zwischen der Reformereinheit und der Brennstoffzelle ein Druckgefälle erzeugt, wodurch die Reformereinheit eine gewisse Speicherfunktion einnehmen kann. Die Dynamik des Brennstoffzellensystems kann dadurch erheblich verbessert werden.

[0012] Die Drosselvorrichtung kann beispielsweise einen Expander darstellen. Bei dieser Ausführungsform kann die Druckenergie, die bei der Druckreduzierung an dem Expander frei wird, wiedergewonnen werden und anderen Verwendungen in dem Brennstoffzellensystem zugeführt werden. Diese Energie kann beispielsweise für eine gegebenenfalls vorgesehene Verdichtung der Luft, die der Brennstoffzelle zugeführt wird, verwendet werden.

[0013] Zum Einstellen des Betriebsdrucks der Reformereinheit wird vorzugsweise ein Kompressor verwendet, durch den beispielsweise die Luft, die in die Reformerein-

heit eingebracht wird, verdichtet werden kann. Dadurch kann in der Reformereinheit, insbesondere in dem Reformmer, ein für die Umsetzung von Wasser, Luft und Kraftstoff erhöhter Druck eingestellt werden. Der Betriebsdruck der Reformereinheit kann in dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem somit durch eine Vorrichtung, vorzugsweise einen Kompressor, eingestellt werden, der in der Luftzuführung zu der Reformereinheit vorgesehen ist.

[0014] In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems wird außer der zwischen der Reformereinheit und der Brennstoffzelle vorgesehenen Vorrichtung, z. B. eines Expanders, eine weitere Vorrichtung zum Einstellen des Betriebsdrucks der Brennstoffzelle vorgesehen. Diese stellt vorzugsweise einen Kompressor und eine Druckhaltevorrichtung dar und ist in der Luftzuführung zu der Kathodenseite der Brennstoffzelle vorgesehen. Über diese Anordnung kann die der Brennstoffzelle zugeführte Luft auf etwa das gleiche Druckniveau gebracht werden, mit dem das Reformatgas der Anodenseite der Brennstoffzelle zugeführt wird.

[0015] Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird weiterhin durch ein Verfahren zur Steuerung eines Brennstoffzellensystems, bei dem Wasser, Kraftstoff und Luft als Reaktionspartner in eine Reformereinheit geleitet werden gelöst, wobei der Druck der zugeführten Luft vor dem Einbringen in die Reformereinheit auf ein bestimmtes Druckniveau gebracht wird, und das die Reformereinheit verlassende wasserstoffhaltige Reformatgas auf ein gewünschtes Druckniveau gebracht wird, bevor es in die Brennstoffzelle eingeführt wird. Der Druck der in der Brennstoffzelle anliegt kann so, unabhängig von dem in der Reformereinheit herrschenden Betriebsdruck, eingestellt werden. Vorzugsweise ist der in der Reformereinheit eingestellte Druck höher, als der in der Brennstoffzelle eingestellte Druck. Der Druck des Reformatgases wird daher vor dem Einbringen in die Brennstoffzelle gesenkt. Dadurch kann ein Druckgefälle erzielt werden, das für das Betreiben des Brennstoffzellensystems vorteilhaft genutzt werden kann.

[0016] Um einen Druck in der Brennstoffzelle einstellen zu können, der über dem Normaldruck liegt und Druckdifferenzen zwischen der Kathoden und der Anodenseite der Brennstoffzelle gering zu halten, wird bei einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens der Brennstoffzelle an der Kathodenseite Luft zugeführt, die vor dem Einbringen einer Druckerhöhung unterzogen wurde. Eine Druckhaltevorrichtung ermöglicht dabei das exakte Einstellen von Drücken unabhängig vom Durchsatz.

[0017] Die Erfindung wird im folgenden anhand der beiliegenden Zeichnung beschrieben, wobei:

[0018] Fig. 1: ein schematisches Blockschaubild einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems zeigt.

[0019] Wie sich aus Fig. 1 ergibt, weist das Brennstoffzellensystem 1 bei dieser Ausführungsform eine Reformereinheit 2, eine Brennstoffzelle 4, sowie einen Expander 3 und zwei Kompressoren 5 und 6 auf. Die Reformereinheit 2 weist einen Eingang für Wasser und für Kraftstoff auf. In der dargestellten Ausführungsform ist dieser Eingang als ein gemeinsamer Eingang für diese beiden Reaktionspartner dargestellt. Es liegt aber auch im Sinne der Erfindung Wasser und Kraftstoff über separate Eingänge in die Reformereinheit 2 einzubringen, wobei in den Zuführungsleitungen für diese Reaktionspartner weitere Vorrichtungen, wie beispielsweise Verdichter bei gasförmigem Kraftstoff oder Erwärmungsvorrichtungen, vorgesehen sein können. Weiterhin weist die Reformereinheit 2 einen Eingang für Luft auf. In der Luftzuführungsleitung 7 zu der Reformereinheit 2 ist in der dargestellten Ausführungsform eine Kompressor 5

angeordnet.

[0020] Die Brennstoffzelle 4 weist eine Kathodenseite 42 und eine Anodenseite 41 auf, wobei die Anodenseite 41 mit dem Ausgang der Reformereinheit 2 über den Expander 3 verbunden ist und an der Kathodenseite 42 eine Luftzuführungsleitung 8 vorgesehen ist. In der Luftzuführungsleitung 8 zu der Kathodenseite 42 der Brennstoffzelle 4 ist ein Kompressor 6 angeordnet.

[0021] Um zudem in der Brennstoffzelle 4 einen erhöhten Betriebsdruck aufbauen zu können, sind zusätzliche Druckhaltevorrichtungen 411, 421 vorgesehen, die in den Austrittsleitungen der Brennstoffzelle 4 angeordnet sind. Diese Druckhaltevorrichtungen 411, 421 wirken dabei als Druckregler und können als Expander oder Druckregelventil ausgeführt sein.

[0022] Das Verfahren zur Steuerung dieses Brennstoffzellensystems wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die Fig. 1 beschrieben.

[0023] In die Reformereinheit 2 werden über die Zuleitung für Wasser und Kraftstoff sowie über die Luftzuführungsleitung 7 die Reaktionspartner dosiert. Die Zugabe, insbesondere der geringen Menge an Luft, erfolgt hierbei vorzugsweise im Druckbereich von drei bis fünf bar. Diese Reaktionspartner werden in dem Reformmer umgewandelt und gegebenenfalls weiteren Verfahrensschritten, wie der CO-Konvertierung und einer selektiven Oxidation, unterzogen. Das so erhaltene wasserstoffreiche Reformatgas verlässt die Reformereinheit 2 und wird an einen Expander 3 geleitet, an dem es auf ein gewünschtes Druckniveau gebracht werden kann. Das Druckniveau, das durch den Expander 3 eingestellt werden soll, bestimmt sich durch den Betriebsdruck mit dem die Brennstoffzelle 4 gefahren werden soll. Dieser sollte vorzugsweise gering sein, um ein Verdichten der für die Reaktion in der Brennstoffzelle notwendigen Luft auf ein Minimum reduzieren zu können und den so Energieverbrauch für das Verdichten zu minimieren. Die Brennstoffzelle kann beispielsweise bei einem Druck von etwa 2 bar betrieben werden.

[0024] Das Reformatgas, das den Expander 3 verlässt, wird an der Anodenseite 41 der Brennstoffzelle 4 zugeführt. Von der Kathodenseite 42 wird die Brennstoffzelle 4 mit Luft versorgt, die in der dargestellten Ausführungsform über einen Kompressor 6 auf das gewünschte Druckniveau, vorzugsweise auf etwa das Druckniveau mit dem das Reformatgas den Expander 3 verlässt, gebracht wurde.

[0025] Wie sich aus dieser Beschreibung ergibt kann mit dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem das Betreiben der Brennstoffzelle und der Reformereinheit optimiert werden. Der Druck für die Reformereinheit kann eingestellt werden, ohne dass dadurch der Druck, der in der Brennstoffzelle anliegt, automatisch mitbestimmt wird. Vielmehr lässt sich dieser letztgenannte Druck separat über die Drosselvorrichtung zwischen Reformereinheit und Brennstoffzelle bestimmen. Die Reformereinheit kann daher mit sehr hohen Drücken betrieben werden, ohne dass auch die Brennstoffzelle bei einem so hohen Druckniveau gefahren werden muss. Die Energie, die zur Verdichtung der in die Brennstoffzelle einzubringenden Luft benötigt wird kann minimiert werden. Dies ist von besonderer Bedeutung, da die der Brennstoffzelle zuzuführende Luftmenge relativ groß ist.

[0026] In einer bevorzugten Ausführungsform kann die, für die Verdichtung der Luft für die Brennstoffzelle benötigte, Energie zumindest teilweise aus der Rückgewinnung der Druckenergie aus dem Reformatgas bereitgestellt werden. Hierbei kann ein als Drosselvorrichtung wirkender Expander, der zwischen der Reformereinheit und der Brennstoffzelle angeordnet ist, mit dem Verdichter, insbesondere einem Kompressor, der der Kathodenseite der Brennstoff-

zelle vorgeschaltet ist, verbunden sein. Die bei der Expansion des Reformatgases gewonnene Energie kann aber auch anderen Verwendungen innerhalb des Brennstoffzellensystems zugeführt werden. Durch diese Rückgewinnung und Verwendung der Energie innerhalb des Brennstoffzellensystems kann der Wirkungsgrad des Systems erheblich gesteigert werden. Es ist aber auch möglich die rückgewonnene Energie Verwendungen außerhalb des Brennstoffzellensystems zuzuführen.

#### Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem (1), das mindestens eine Reformereinheit (2), zur Erzeugung von wasserstoffhaltigem Reformatgas, und mindestens eine Brennstoffzelle (4), sowie mindestens eine Vorrichtung (5) zum Einstellen des Betriebsdrucks der Reformereinheit und mindestens eine Vorrichtung (3, 6) zum Einstellen des Betriebsdrucks der Brennstoffzelle aufweist, wobei mindestens eine der Vorrichtungen (3) zum Einstellen des Betriebsdrucks der Brennstoffzelle (4) zwischen der Reformereinheit (2) und der Brennstoffzelle (4) zwischengeschaltet ist.
2. Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zum Einstellen des Betriebsdrucks in der Brennstoffzelle (4), die zwischen der Reformereinheit (2) und der Brennstoffzelle (4) geschaltet ist, eine Drosselvorrichtung (3) darstellt.
3. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 2 dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung einen Expander (3) darstellt.
4. Brennstoffzellensystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (5) zum Einstellen des Betriebsdrucks der Reformereinheit einen Kompressor darstellt.
5. Brennstoffzellensystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (5) zum Einstellen des Betriebsdrucks der Reformereinheit (2) in der Luftzuführung (7) zu der Reformereinheit (2) vorgesehen ist.
6. Brennstoffzellensystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vorrichtung (6) zum Einstellen des Betriebsdrucks der Brennstoffzelle (4) einen Kompressor (6) darstellt und in der Luftzuführung (8) zu der Brennstoffzelle (4) an der Kathodenseite (42) der Brennstoffzelle (4) vorgesehen ist.
7. Verfahren zur Steuerung eines Brennstoffzellensystems, bei dem Wasser, Kraftstoff und Luft als Reaktionspartner in eine Reformereinheit (2) geleitet werden, wobei der Druck der zugeführten Luft vor dem Einbringen in die Reformereinheit auf ein bestimmtes Druckniveau gebracht wird, und dass die Reformereinheit (2) verlassende wasserstoffhaltige Reformatgas auf ein gewünschtes Druckniveau gebracht wird, bevor es in die Brennstoffzelle (4) eingeführt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck des Reformatgases vor dem Einbringen in die Brennstoffzelle (4) gesenkt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Brennstoffzelle (4) an der Kathodenseite (42) Luft zugeführt wird, die vor dem Einbringen einer Druckerhöhung unterzogen wurde.
10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Reformereinheit (2) mit einem höheren Betriebsdruck als die Brenn-

stoffzelle (4) betrieben wird, wobei das Volumen der Reformereinheit einen Speicher für wasserstoffreiches Gas und somit einen Energiepuffer für einen dynamischen Betrieb des Brennstoffzellensystems bildet.

11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck in der Reformereinheit (2) derart an die Lastanforderung anpassbar ist, daß ein großer Lastbereich/eine große Lastspreizung erreicht wird.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

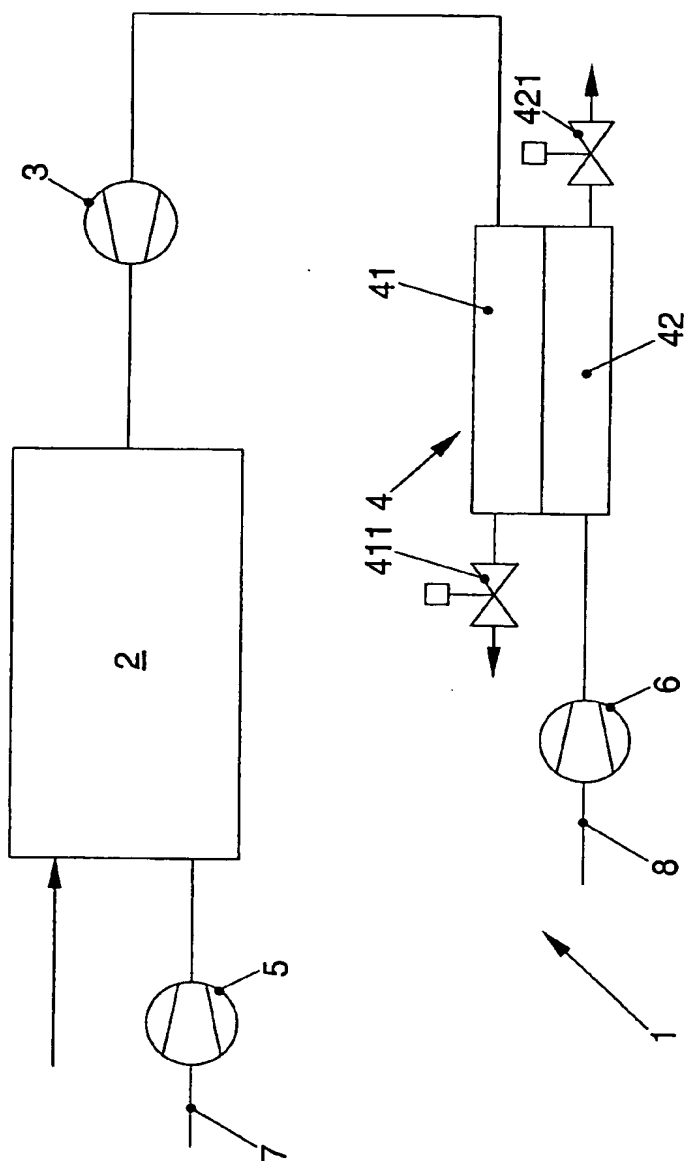


FIG. 1

The Patent Office		DE10107019				Biblio	Desc	Claims	Page 1	Drawing	esp@cenet	
<b>Fuel cell system with pressure matching has at least one of the devices for setting operating pressure of fuel cell arranged between reformer unit and fuel cell</b>												
Patent Number:		DE10107019										
Publication date:		2002-09-05										
Inventor(s):		MAYER JOERG (DE); HINSENKAMP GERT (DE); MAUME CHRISTOPH (DE); SCHULENBURG JENS (DE)										
Applicant(s):		VOLKSWAGENWERK AG (DE)										
Requested Patent:		<input type="checkbox"/> <a href="#">DE10107019</a>										
Application Number:		DE20011007019 20010215										
Priority Number (s):		DE20011007019 20010215										
IPC Classification:		H01M8/04										
EC Classification:		<a href="#">H01M8/06B2</a> , <a href="#">H01M8/04C2</a>										
Equivalents:												
<hr/>												
<b>Abstract</b>												
<hr/>												
<p>The system has at least one reformer unit (2) for generating reformat gas containing hydrogen, at least one fuel cell (4), at least one device (5) for setting the operating pressure of the reformer unit and at least one device (3,6) for setting the operating pressure of the fuel cell. At least one of the devices for setting the operating pressure of the fuel cell is arranged between the reformer unit and the fuel cell. Independent claims are also included for the following: a method of controlling a fuel cell system.</p>												
<hr/>												
Data supplied from the esp@cenet database - I2												